



D-4

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 52 653 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 01 D 25/12**  
F 26 B 19/00

⑦1 Aktenzeichen: 197 52 653.5  
⑦2 Anmeldetag: 27. 11. 97  
④3 Offenlegungstag: 2. 6. 99

DE 197 52 653 A 1

*Applicant*  
⑦1 Anmelder:  
Maschinenfabrik J. Dieffenbacher GmbH & Co,  
75031 Eppingen, DE

⑦4 Vertreter:  
Hartdegen, A., Dipl.-Ing.(FH), 82205 Gilching

*Inventor*  
⑦2 Erfinder:  
Bielfeldt, Friedrich B., 82396 Pähl, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Anlage und Filterpresse zur Entfeuchtung von pastösen Feststoffen

DE 197 52 653 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anlage und eine Filterpresse zur Entfeuchtung von pastösen Feststoffen, Schlämmen und Suspensionen unter Einwirkung von thermischer Energie und Druck in einer Filterpresse.

Ein solches, gemäß DE-P 44 34 447 offenbarte Verfahren einer mechanisch-thermischen Entwässerung (MTE) mit dem zusätzlichen energetischen Vorteil einer Vorwärmung gemäß DE-P 195 35 315 zielt im wesentlichen auf die Entwässerung von kapillarporösen fossilischen Feststoffen, in denen das Wasser zum größten Teil über schwache Kapillarkräfte gebunden ist, wie zum Beispiel typisch für die Stoffkategorie Braunkohle und Torf. Neben den genannten Stoffgruppen zielt vorliegende Erfindung auf die Entwässerung von Schlämmen und Suspensionen bzw. Dispersionen mit feinsten Partikeln von zum Teil  $\leq 10$  mm, bei denen wegen der größeren zur Verfügung stehenden Oberfläche ein größerer Teil des Wassers durch elektrostatische Wechselwirkung gebunden ist. Hierzu gehören zum Beispiel Kaolin und Galvanikschlämme sowie Schlämme aus der Kohleaufbereitung. Durch den zellularen Aufbau und den damit verbundenen großen spezifischen Oberflächen sind auch Klärschlämme dieser zweiten Stoffgruppe zuzuordnen. Zur Entwässerung der zweiten Stoffgruppe kommen in industrieller Anwendung mechanische Verfahren, zum Beispiel Kammerfilterpressen zum Einsatz, die in ihrer Entwässerungsleistung sehr begrenzt sind, weil die Bindungskräfte des Wassers am Feststoff ohne zusätzliche thermische Einwirkung noch zu hoch sind. So können zum Beispiel Klärschlämme mit solchen mechanischen Systemen nur bis zu einem Endwassergehalt von circa 70 Gewichtsprozent entwässert werden. Verbessert wird die Entwässerungsleistung durch das in der Literatur beschriebenen Dampf-Druck-Filtrationsverfahren (Aufbereitungstechnik 35, 1994, Seiten 563/572). Dieses Verfahren kommt in Mehrkammerpressen zur Anwendung, wobei die zur Wirkung kommenden Dampfdrücke relativ niedrig (circa 5 bar) und der Prozeßablauf aufgrund fehlender Vorwärmung zeitlich sehr lang ist. Ebenso erlaubt dieses Verfahren nur sehr geringe Schlämmlöslichkeitshöhen pro Kammer, so daß insgesamt der flächenspezifische Durchsatz, das heißt die Entwässerungsleistung bei einem Restwassergehalt von  $\leq 10$  Gewichtsprozent bezogen auf die eingesetzten Filterflächen und die hierfür erforderliche Dampf-Druck-Filtrationszeit relativ niedrig ist.

Die in der Industrie bzw. im kommunalen Bereich anfallenden feuchten Feststoffe und Schlämme können nach verschiedenen Kriterien in Stoffklassen eingeteilt werden. Eine Möglichkeit, die verschiedenen Stoffe zu klassifizieren, ist die Einteilung der Stoffe nach ihrer Konsistenz, die zum einen durch den Wassergehalt und zum anderen durch die vorwiegend vorliegende Bindungsart der Flüssigkeit an den Feststoff charakterisiert wird. Die Art der Bindung der Flüssigkeit an den Feststoff hängt im wesentlichen von den physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeit, der chemischen Zusammensetzung sowie der Mikro- und Makrostruktur des Feststoffgefüges ab. So spielt neben der Korngrößenverteilung, auch die Form der Einzelpartikel bei der Entfeuchtung eine wesentliche Rolle. Die in großtechnischen Prozessen zu entfeuchtenden Materialien können danach grob in drei Stoffklassen eingeteilt werden:

A. Feuchte Feststoffschüttungen, bei denen die Flüssigkeit im wesentlichen kapillar und adsorptiv gebunden ist und die nur wenig Haftflüssigkeit aufweisen, und die sich wie körnige Feststoffe verhalten (z. B. Braunkohle, Torf, Rindenmulch, Papierschlamm).

B. Schlämme und pastöse Materialien, bei denen die Flüssigkeit zum Teil auf der Oberfläche, zum Teil als Kapillarflüssigkeit und zum Teil adsorptiv oder in Zellstrukturen gebunden vorliegt (Klärschlamm, Wasserwerkschlamm).

C. Schlämme, Dispersionen und Suspensionen mit geringem Feststoffgehalt, bei denen die Flüssigkeit auf der Oberfläche vorliegt die sich chemisch inert verhalten und die bei der Aufprägung mechanischer Kräfte weder plastisch noch elastisch verformbar bzw. kaum deformierbar sind (Flotationsberge, Flotationskonzentrat, Sand, Galvanikschlamm).

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäße Anlage und Filterpresse so auszubauen, daß sowohl pastöse Feststoffe, Schlämme und Suspensionen als auch feuchtes Schüttgut wirtschaftlich, das heißt mit hohem Wirkungsgrad, mit einfachen maschinenbautechnischen Mitteln zu entfeuchten und getrocknet werden können, und mit der zur Steigerung der spezifischen Entwässerungsleistung in  $\text{t/m}^2\text{h}$  eine technisch wirtschaftliche Anlagenkonzeption einsetzbar ist, in der sowohl feuchte Feststoffe (körniges Schüttgut) als auch Schlämme und Suspensionen/Dispersionen bei Anwendung des mechanisch-thermischen Entwässerungsverfahrens (MTE) mit niedrigem Restwassergehalt im Bereich von circa 15 Gewichtsprozent und kleiner zu entwässern sind.

Die Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß in den kennzeichnenden Teilen der Ansprüche 1 und 2 für zwei Ausführungsbeispiele angegeben.

Mit Vorteilen löst dabei die erfindungsgemäße Anlage und Filterpresse die durch das MTE-Verfahren vorgegebenen Verfahrensschritte, wonach das Einsatzmaterial durch Zufuhr thermischer Energie zunächst über die um Umgebungsdruck gehörige Sattdampftemperatur erhitzt wird, das heiße Einsatzmaterial in einer als Filterpresse ausgeführten Einrichtung anschließend mittels mechanisch aufgeprägter Kräfte druckbelastet und entfeuchtet wird, daß die Wärmezufuhr je nach Konsistenz des zu entfeuchtenden Einsatzmaterials direkt durch die Zugabe von heißer Prozeßflüssigkeit oder Dampf und Vermischung mit dem Feststoff, bzw. indirekt, durch den Wärmetausch mit heißer Prozeßflüssigkeit oder Dampf in einem für die Aufgabe günstig ausgestalteten Wärmeübertrag erfolgt und daß der nach der Anfiltration entstandene Filterkuchen durch die Kondensation eingebrachten Dampfes weiter aufgeheizt werden kann. Anlagentechnisch werden dabei insbesondere die vier MTE-Verfahrensschritte in vorteilhafter Weise ermöglicht, nämlich

- die Vorwärmung des zu entwässernden Materials mit dem aus dem vorherigen Zyklus ausgepreßten heißen (Ab-) Wassers auf  $\geq 100^\circ$  Celsius,
- die Bedampfung/das Aufheizen des entwässernden Materials von der Vorwärmtemperatur auf  $200^\circ$  Celsius mittels Sattdampf,
- das mechanische Auspressen des freiwerdenden Heißwassers mit 60 bar bis 100 bar Preßdruck und
- die Entspannungsverdampfung unmittelbar nach dem Pressen.

Die hierdurch erzielten flächenspezifischen Durchsätze liegen - je nach Einsatzstoff (Schüttgut oder Schlämme/Suspensionen) und Art der Vorwärmung - zwischen 0,5 bis  $2 \text{ t/m}^2\text{h}$ . Im Vergleich zu anderen Verfahren mit Dampffiltration eine beachtliche Steigerung in der Entwässerungsleistung bei gutem energetischen Wirkungsgrad.

Durch die Filterpresse gemäß der Erfindung und das Dichtungssystem selbst ist weiter sichergestellt, daß auch

bei extrem rauen Produktionsbedingungen mit einem 16 bar Dampfdruck bei 200° Celsius der Druckraum im Dauerbetrieb dicht ist, um die geforderten Entwässerungsleistungen bei einem vernünftigen Preis-/Leistungsverhältnis der Anlage sicherzustellen, wobei eine Ober- oder Unterkolbenpresse mit Dampffiltrationsausrüstung mit folgenden Maßnahmen, Merkmalen und Bauteilen Verwendung findet:

- als Dampfdusche, für das Einsatzmaterial mit Einleitung des Sattdampfes durch den Preßstempel und den Deckel des Druckraumes oder in die Vorwärmbehälter dienen Sattdampfventile,
- zum Beschicken des Einsatzmaterials in die Vorwärmbehälter sind Einlaßventile und daraus zum Beschicken in den Druckraum der Filterpresse sind in den Vorwärmbehältern Auslaßventile und im Druckraum Flutungsventile mit großem Durchsatz vorgesehen;
- im Druckraum sind am Deckel und am Preßstempel Filterplatten mit Metalldrahtgewebe angebracht, die zum Druckraum abgewandt jeweils eine Auslaßkammer bilden, aus der über Auslaßventile das Restwasser abgeleitet wird,
- zum Entspannen des Dampfes beim Öffnen führt zusätzlich ein Entspannungsverdanpfungsventil durch den Deckel des Druckraumes und
- zum Ausstoßen des Trockenkuchens bei frei abgesenktem Preßstempel bzw. abgesenkter Zylinderwand ist eine Ausstoßvorrichtung vorgesehen.

Das hohe Entwässerungspotential pro Filterfläche und Zeit wird im wesentlichen durch den hohen Sattdampf-Strömungsdruck von 16 bar und der Temperatur von  $\approx 200^\circ$  Celsius initiiert und durch den nachfolgenden mechanischen Preßdruck von 60 bis 100 bar massiv angehoben. Die Art der Dampfkondensation am oder im Einsatzmaterial ist abhängig von der Konsistenz des Einsatzmaterials entsprechend der bereits erörterten drei Stoffklassen A, B und C. Für eine im Feuchtgut gleichmäßige Verteilung der Kondensationswärme müssen dabei folgende Bedingungen erfüllt sein:

Stoffklasse A:

Eine gute Permeabilität des körnigen Schüttgutes, so daß der Dampf das Haufwerk gleichmäßig durchströmt.

Stoffklasse C:

Eine gute Dampfkonvektionsströmung die eine gleichmäßige Kondensation in der Flüssigkeit bewirkt, daß heißt, der Dampfkondensationsprozeß muß kontrolliert, steuerbar ablaufen.

Stoffklasse B:

Pastöse Feststoffe verhalten sich im Hinblick auf einen kontrollierten Dampfkondensationsprozeß zum Teil indifferent. Das heißt, um eine gleichmäßige Verteilung der Kondensationswärme im Einsatzmaterial zu erreichen, muß die Konsistenz dem Stoffverhalten entsprechend den Stoffklassen von A oder C angepaßt werden, und zwar durch die Zugabe von entweder körnigem Gut zur Verbesserung der Permeabilität oder durch Heißwasser aus der vorherigen Charge, so daß mit zunehmender Verflüssigung das Strömungsverhalten verbessert wird mit dem zusätzlichen Verfahrensvorteilen der gleichzeitigen Erwärmung und einer massiv gesteigerten Anfiltrationseffizienz. Die Zugabe von körnigem Gut kann zum Beispiel aus einer Beimischung von gemahlenem Trockengut aus den vorhergehenden Chargen oder aus der Zugabe von Kohlegranulat in den Klärschlamm zur Erhöhung des Brennwertes erfolgen. Eine vorteilhafte Maßnahme besteht weiter darin, daß der Beginn des Einflutens des Einsatzmaterials im Druckraum erst dann erfolgt, wenn

dessen Volumen 0 ist, bei Anliegen des Preßstempels gegen die obere Filterplatte.

Für den Prozeßzyklus nach Anspruch 1 und den Fig. 1 bis 5 sind folgende Vorteile anzuführen:

- 5 Nach Prozeßschritt II erfolgt durch das Einstromen des hohen Sattdampfdruckes von 16 bar und den hohen Dampftemperaturen von 200° Celsius eine schlagartige Änderung der physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeit bzw. dem Einsatzmaterial, indem zum Beispiel Stoffwerte wie Dichte und Viskosität herabgesetzt werden und somit die Strömung innerhalb freier Kapillaren und an den Filterflächen soweit begünstigt wird, daß das Austreten des freien Wassers durch die Filterflächen beschleunigt wird, das heißt der Filtrationseffekt und Massendurchsatz gesteigert wird mit dem Ergebnis, daß relativ hohe Schichthöhen (H1) zum Einsatz gelangen können. Nach Prozeßschritt V wird das Entleeren des Druckraumes dadurch gefördert, daß der Entspannungsdampfdruck das Trockengut auf die Oberfläche des Preßstempels drückt, indem alle Ventile in der oberen Filterplatte geschlossen sind und ein Dampfströmungsdruck durch die geöffneten Ventile der unteren Stempelplatte das Trockengut auf die Oberfläche des Preßstempels drückt. Für den Prozeßzyklus nach Anspruch 1 und den Fig. 6 bis 10 sind folgend Vorteile anzumerken:
- 25 Die Entleerposition gemäß Prozeßschritt IV ist in der Lage des Preßstempels nahe der Ausgangsposition nach Prozeßschritt I, so daß nach dem Entleeren die mechanisch notwendige Zeit zum Einfahren in die Ausgangsposition kürzer ist, das heißt die Gesamtpreßzeit kleiner wird. Im Vergleich zu dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 1 bis 5, wo der Preßstempel zum Entleeren aus dem Druckraum freigefahren werden muß, ist der Stempelhub geringer, da der Freifahrhub nicht mehr notwendig ist. Für die Bewegung der Zylinderwand ist nur das Eigengewicht zu überwinden, das heißt die Stellkräfte sind sehr klein. In der abgesenkten Position der Zylinderwand (Prozeßschritt V) kann durch weiteres Absenken des Preßstempels körniges Feuchtgut direkt in den offenen Zylinderraum geschüttet werden, falls dieses körnige Gut durch das Flutungsventil nicht mehr gefördert werden kann. Das heißt im Endresultat, durch diese Ausführung kann ein sehr breites Spektrum an zu entwässernden Stoffen von sehr körniger Substanz (zum Beispiel Braunkohle) bis zu wäßrigen Lösungen mit sehr geringem Feststoffgehalt gefahren werden. Durch die Freistellung der Filterplatte durch das Absenken der Zylinderwand können die Filterflächen gut gewartet bzw. gereinigt werden.

Für den Prozeßzyklus nach Anspruch 2 und den Fig. 11 bis 18 ist zusätzlich die externe Vorwärmung mit folgenden Vorteilen anzuführen:

- 50 Durch das Einstromen der vorgewärmten Schlammlüssigkeit in den Druckraum der Filterpresse wird der Filtrationseffekt, wie bereits oben beschrieben, sofort eingeleitet, was die Entwässerung beschleunigt. Das bei der Filtration und beim Auspressen freiwerdende heiße Abwasser wird wahlweise entweder direkt dem Schlamm in dem Vorwärmbehälter B1 oder dem Vorwärmbehälter B2 zugeführt, um durch die Verdünnung der Schlammlüssigkeit das Strömungsverhalten beim späteren Dampf injizieren zur besseren Verteilung der Kondensationswärme zu verbessern. Der Verdünnungsgrad wird volumetrisch gesteuert, das heißt bei ausreichender Verdünnung wird automatisch auf den Wärmetauscher innerhalb der Vorwärmbehälter B1 und B2 umgesteuert. Ebenso wird der Entspannungsdampf als Abwärme direkt im Einsatzmaterial genutzt. Insgesamt wird durch diese Maßnahmen die Prozeßzeit verkürzt, weil die Vorwärmung parallel mit der Druckfiltration und Auspressung erfolgt und durch die erhöhten Ausströmungsgeschwindigkeiten an den Filterflächen die Entwässerung derart beschleunigt wird,

daß im Vergleich zu den bekannten Verfahren der Dampf-Druck-Filtration mit geringeren Dampfdrücken wesentlich höhere Entwässerungsleistungen bei gleichem Restwassergehalt erreicht werden, das heißt im Endresultat, daß durch die Kombination der vier Prozessschritte Vorwärmen, Be-  
dampfen, Pressen, Entspannungsdampf-Verdampfen flächenspezifische Durchsätze im Bereich von  $2 \text{ t/m}^2\text{h}$  und größer erzielt werden können.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen weiter darin, daß mit der modernen elektronischen Regel- und Steuertechnik die fünf Prozessschritte I bis V gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel nach Anspruch 1 sowie die acht Prozessschritte I bis VIII gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel nach Anspruch 2 für den Prozeßzyklus exakt beherrschbar sind. Dafür können auch Sensoren und Rechner für Druck, Temperatur und Zeit zur genauen zeitlichen Abstimmung gemäß einem Rechner- und Überwachungsprogramm eingesetzt werden.

Weitere vorteilhafte Maßnahmen und Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung mit der Zeichnung hervor.

Es zeigen:

**Fig. 1** einen Teilschnitt des Druckraumes der Filterpresse gemäß dem Prozeßablauf in Stufe I der Anlage gemäß der Erfindung,

**Fig. 2** einen Teilschnitt des Druckraumes der Filterpresse gemäß dem Prozeßablauf in Stufe II der Anlage gemäß der Erfindung,

**Fig. 3** einen Teilschnitt des Druckraumes der Filterpresse gemäß dem Prozeßablauf in Stufe III der Anlage gemäß der Erfindung,

**Fig. 4** einen Teilschnitt des Druckraumes der Filterpresse gemäß dem Prozeßablauf in Stufe IV der Anlage gemäß der Erfindung,

**Fig. 5** die Filterpresse in Vorderansicht im Prozeßabschnitt V ( $\rightarrow$  Öffnen des Druckraumes),

**Fig. 6** eine alternative Ausführung der Filterpresse zu der **Fig. 1** gemäß dem Prozeßablauf in Stufe I der Anlage gemäß der Erfindung,

**Fig. 7** eine alternative Ausführung der Filterpresse zu der **Fig. 2** gemäß dem Prozeßablauf in Stufe II der Anlage gemäß der Erfindung,

**Fig. 8** eine alternative Ausführung der Filterpresse zu der **Fig. 3** gemäß dem Prozeßablauf in Stufe III der Anlage gemäß der Erfindung,

**Fig. 9** eine alternative Ausführung der Filterpresse zu der **Fig. 4** gemäß dem Prozeßablauf in Stufe IV der Anlage gemäß der Erfindung,

**Fig. 10** eine alternative Filterpresse zu der **Fig. 5** in Vorderansicht im Prozeßabschnitt V ( $\rightarrow$  Öffnen des Druckraumes),

**Fig. 11 bis 18** in acht Prozeßablaufstufen I bis VIII die Anlage gemäß der Erfindung jeweils mit Teilschnitt des Druckraumes der Filterpresse und zwei Vorwärmbehältern B1 und B2 mit schematischem Rohrleitungsplan.

Die **Fig. 1 bis 5** zeigen in fünf Stufen I bis V einen Prozeßablauf für die Stoffklasse C mit direkter Dampfeindüngung. In den fünf Prozessschritten I bis V wird das Grundprinzip der mechanisch-thermischen Entwässerung für Schlämme, Dispersionen und Suspensionen mit geringem Feststoffgehalt dargestellt:

I. Fluten des quasi flüssigen Einsatzmaterials **6** vom Vorratsbehälter **29** durch das Flutungsventil **14** in den Druckraum **12**,

II. In die Flüssigkeitssäule (z. B.  $TS \leq 10$  Gewichts-

über das Sattdampf-einlaßventil **16** flächig Sattdampf mit  $16 \text{ bar}/200^\circ \text{ Celsius}$  eingedüst. Im Zuge der Konvektionsströmung kondensiert der Dampf unter Druck und gibt Wärme an die kalte Flüssigkeit ab.

III. Danach erfolgt die mechanische Auspressung mittels Preßstempel **5** unter hohem Druck von 60 bis 100 bar. Die Entwässerung erfolgt dabei über Filterplatten **9**, Auslaßkammern **20** und durch die Restwasserauslaßventile **17** am Deckel **4** und dem Preßstempel **5** oben und unten bis zu einem Endwassergehalt im Bereich von 10 bis 25 Gewichtsprozent, das heißt Trockenkuchenhöhen  $H_2 \approx 65 \text{ mm}$ .

IV. Nach dem Pressen wird durch eine schnelle Einleitung der Öffnungsbewegung durch den Preßstempel **5** oder der Zylinderwand **2** sowie durch das Öffnen der Entspannungsverdampfungsventile **15** eine Entspannungsverdampfung eingeleitet, wodurch der Endwassergehalt um einige Prozentpunkte weiter abgesenkt wird.

V. Mit der Freistellung des Preßstempels **5** bzw. der Zylinderwand **2** kann der Trockenkuchen **26** durch die Ausstoßvorrichtung **22** abgerakelt werden.

Die **Fig. 8 bis 15** zeigen in acht Stufen I bis VIII einen Prozeßablauf mit externer Vorwärmung und Absenkung der Schlammviskosität, dabei wird in acht Prozessschritten I bis VIII die bereits beschriebene Möglichkeit für die Reduzierung der Schlammviskosität zur Einsteuerung einer kontrollierten Dampfkonvektionsströmung bei gleichzeitiger Vorwärmung aufgezeigt. Die Ausrüstung der Anlage gemäß der **Fig. 1 bis 10** mit dem Druckraum **12** und Preßstempel **5** bzw. der Zylinderwand **2** ist hierfür apparativ geändert bzw. ergänzt. Demnach wird das Einsatzmaterial **6** nicht direkt in den Druckraum **12**, sondern abwechselnd in Vorwärmbehälter B1 oder B2 gepumpt. Die Vorwärmbehälter B1 und B2 kommen alternierend zum Einsatz und werden wechselweise über die Ventile von Zyklus zu Zyklus umgeschaltet. Der Sattdampf aus dem Sattdampfspeicher **25** wird einerseits als Druckgas über die Sattdampfventile **13** zum Herausdrücken des vorgewärmten Einsatzmaterials **6** aus den Vorwärmbehältern B1 oder B2 eingesetzt. Nach diesem Fördervorgang wird andererseits auf eine flächige Dampfeindüngung über die Sattdampf-einlaßventile **16** durch den Preßstempel **5** bzw. Bodenplatte **28** umgeschaltet. Das ausgepreßte heiße Abwasser wird entweder über die Restwassereinlaßventile **18** zur Verflüssigung der pastösen Masse direkt oder in einem vorhergehenden Mischvorgang (Rührwerk) den Vorwärmbehältern B1 oder B2 zugeführt oder über die Restwassereinlaßventile **19** durch die Wärmetauscher **24** in den Behältern B1 bzw. B2 zur Vorwärmung der Suspension bzw. des Einsatzmaterials geleitet.

Die erfindungsgemäße Anlagentechnik nach den **Fig. 11 bis 18** ermöglicht zum Beispiel folgende Prozessschritte:

I. Preßstempel **5** in oberster Ausgangsposition:

Die Schlammlleitung **30** von Vorwärmbehälter B1 steht über das Auslaßventil **8** bis zum Flutungsventil **14** unter Druck. Mit dem Öffnen des Flutungsventiles **14** wird mittels dem Sattdampfventil **13** und Dampfleitung **31** unter Druck Dampf in das vorgewärmte Einsatzmaterial **6** im Druckraum **12** gepreßt.

II. Prozeß zum Beispiel ohne Schlammverdünnung mit Anfiltrationseffekt:

Durch die hohe Vorwärmtemperatur  $\geq 100$  Celsius des Einsatzmaterials **6** kommt der Anfiltrationseffekt sofort zur Wirkung und heißes Abwasser von  $\leq 100^\circ \text{ Celsius}$  fließt oben und unten über die Filterplatten **9**.

wassereinlaßventil 19 und Restwasserleitung 32 in Richtung Wärmetauscher 24 im Vorwärmbehälter B2. Kaltes Abwasser von Vorwärmbehälter B2 fließt in den Abwasserbehälter 21. Die Schlammtemperatur im Vorwärmbehälter B2 steigt. Der Preßstempel 5 oszilliert 5 laufend entsprechend einer einsteuerbaren Flüssigkeitssäule von H0 auf H1, solange bei dem Stoffverhalten der Schlammflüssigkeit bei dem Dampfendünnungsniveau noch eine ausreichende Dampfkonvektionsströmung vorliegt.

### III. Prozeß mit Schlammverdünnung (einschließlich IV bis V) und Vorwärmung:

Der Vorwärmbehälter B1 ist entleert. Der Druckraum 12 ist bis zum Füllniveau H1 gefüllt und Sattedampf 16 bar/200° Celsius wird über das Sattedampfeinlaßventil 16 flächig eingedüst. Das Kondenswasser wird über das Restwasserauslaßventil 17, Heißwasserleitung 32 und Restwassereinlaßventil 18 direkt in die Schlammmasse des Vorwärmbehälters B2 gedrückt. Der Schlammflüssigkeitsspiegel im Vorwärmbehälter B2 steigt und damit gleichfalls die Temperatur.

### IV. Dampfkondensation im Druckraum 12:

Der Druckraum 12 oszilliert mit zunehmendem Kondenswasser zwischen H1 und H2. Das heiße Wasser wird weiter über das Restwasserauslaßventil 17 und das Restwassereinlaßventil 18 mengendosiert direkt in den Vorwärmbehälter B2 hineingedrückt, bis das obere Füllniveau in Vorwärmbehälter B2 erreicht ist. Danach wird der direkte Heißwasserstrom in den Vorwärmbehälter B2 durch das Restwassereinlaßventil 18 geschlossen und über das Restwassereinlaßventil 19 in den Wärmetauscher 24 von Vorwärmbehälter B2 umgesteuert.

### V. Pressen und Heißwasserzirkulation mit externer Vorwärmung der Schlammflüssigkeit.

Nach Beendigung der Dampfkondensation wird der mechanische Preßvorgang im Druckraum 12 mit dem Preßstempel 5 bei 60 bar bis 100 bar eingeleitet. Das ausgepreßte Abwasser fließt mit  $\leq 200^\circ$  Celsius über das Restwassereinlaßventil 19 durch den Wärmetauscher 24 von Vorwärmbehälter B2 und mit einem Gegendruck von  $\leq 16$  bar in den Abwasserbehälter 21, so daß die Schlammflüssigkeit im Vorwärmbehälter B2 auf mehr als  $100^\circ$  Celsius vorgewärmt wird.

### VI. Ende des Preßvorganges mit einem Trockenkuchen 23 mit 10 bis 25 Gewichtsprozent Restwassergehalt:

Je nach Prozeßvariation II oder II bis V können Trockenkuchenhöhen H3 im Bereich von 80 mm bis 150 mm erzielt werden. Das gesamte heiße Abwasser ist über den Wärmetauscher 24 in Vorwärmbehälter B2 in den Abwasserbehälter 21 als Kaltwasser abgeflossen.

### VII. Entspannungsverdampfung über das Entspannungsverdampfungsventil 15:

Nach dem Pressen wird durch schnelles Absenken des Preßstempels 5 der Entspannungsdruckvorgang aus dem Druckraum 12 eingeleitet. Der Entspannungsdruck aus dem Druckraum 12 wird gesteuert abgeleitet und zwar wird der Dampf über das Entspannungsverdampfungsventil 15 in den Vorwärmbehälter B1 zur Vorwärmung geleitet und drückt dabei gleichzeitig das in den Heißwasserleitungen 32 stehende Heißwasser über Ventile in den Vorwärmbehälter B1. Mit dem Dampfdruck wird der Trockenkuchen 23 mit weiter absenkendem Preßstempel 5 in Richtung Entleerung gedrückt. Es erfolgt Entspannung gegen atmosphärischen Druck ins Freie.

### VIII. Entleeren des Druckraumes 12:

Mit der Freistellung des Preßstempels 5 bzw. der Zylinderwand 2 außerhalb des Druckraumes 12 kann der Trockenkuchen 23 mittels der Ausstoßvorrichtung 22 seitlich abgerakelt werden. Danach wird der Preßstempel 5 wieder in die obere Ausgangsposition gefahren, so daß ein neuer Zyklus gemäß Phase 1 eingeleitet werden kann.

10 Nach den Fig. 6 bis 10 ist die Filterpresse 1 mit einer Zylinderwand 2 ausgebildet, die zum Öffnen des Druckraumes 12 und Austragen des Trockenkuchens 26 mit einer Hydraulikeinrichtung 11 auf- und abbewegbar angeordnet ist.

Nach den Fig. 5 bis 10 ist zum Entfernen des Trockenkuchens 26 eine Ausstoßvorrichtung 22 vorgesehen, die nach der Freistellung des Preßstempels 5 aus dem Druckraum 12 oder nach der Freistellung des Druckraumes 12 durch die Abwärtsfahrt der Zylinderwand 2 tätig wird.

Für eine einwandfreie Entwässerung des Druckraumes 12 der Filterpresse 1 sind im Druckraum 12 oben und am Preßstempel 5 Filterplatten 9 angeordnet, die mit einem Metalldrahtgewebe 27 als Filter abgedeckt sind. Die Filterplatten 9 sind weiter mit Öffnungen 10 versehen und bilden mit einer Rückwand jeweils eine Auslaßkammer 20. Für eine gute Abdichtung des Druckraumes 12 sind am Umfang des zylindrischen Preßstempels 5 nach Fig. 5 bzw. zusätzlich an der oberen Filterplatte 9 nach Fig. 10 je nach Belastung im Druckraum 12 mehrere hydraulisch vorgespannte Stopfbüchsenpackungen 3 angeordnet, wodurch selbsttätig Dehnungserweiterungen des Druckraumes 12 durch Druck und Wärme ausgeglichen werden. Für eine gute Filterung des Einsatzmaterials 6 ist die Maschenweite des Metalldrahtgewebes 27 kleiner ausgeführt als die im Einsatzmaterial 6 vorhandenen Feststoffpartikel, wobei die Reinigung des Metalldrahtgewebes 27 bevorzugt durch den in die Druckraum 12 einströmenden bzw. durchgeleiteten Sattedampf erfolgt. Weiter wird durch ein Absperrventil am Auslauf der in den Vorwärmbehältern B1 und B2 eingebauten Wärmetauscher 24 der Strömungsdruck an den Preßdruck im Druckraum 12 der Filterpresse 1 angepaßt.

Zum Zurückhalten von Feinstpartikeln im Druckraum 12 beim Pressen sind zwischen den Filterplatten 9 und den Metalldrahtgewebe 27 sind in vorteilhafter Weise Filtertücher aus hochtemperaturbeständigem Kunststoff vorgesehen. Das Metalldrahtgewebe 27 dient dabei einem besseren Abfließen des Restwassers und beim Sattedampfeinlaß einer breitflächigen Dampfverteilung im Einsatzmaterial 6.

Die erfindungsgemäße Anlagentechnologie zur großtechnischen Umsetzung des MTE-Verfahrens geht sowohl für feuchte organische Feststoffschüttungen als auch für organisch oder anorganische Schlämme konzeptionell stets von der Durchführung der vier gleichen Verfahrensschritte aus: Vorwärmung – Bedampfen – Pressen – Entspannungsverdampfung.

55 Von Vorteil für Abdichtung des Druckraumes 12 ist auch, daß der Querschnitt der Zylinderwand 2 kreisförmig ausgeführt ist.

### Bezugszeichenliste

- 1 Filterpresse
- 2 Zylinderwand
- 3 Stopfbüchsenpackungen
- 4 Deckel
- 5 Preßstempel
- 6 Einsatzmaterial
- 7 Einlaßventil
- 8 Auslaßventil

- 9 Filterplatten
- 10 Öffnungen
- 11 Hydraulikeinrichtung
- 12 Druckraum
- 13 Sattedampfeinlaßventil
- 14 Flutungsventil
- 15 Entspannungsverdampfungsventil
- 16 Sattedampfeinlaßventil
- 17 Restwasserauslaßventil
- 18 Restwassereinlaßventil in B
- 19 Restwassereinlaßventil in 24
- 20 Auslaßkammer
- 21 Abwasserbehälter
- 22 Ausstoßvorrichtung
- 23 Trockenkuchen
- 24 Wärmetauscher
- 25 Sattedampfspeicher
- 26. Trockenkuchen
- 27 Metalldrahtgewebe
- 28 Bodenplatte, Stempelplatte
- 29 Vorratsbehälter
- 30 Schlammleitung
- 31 Dampfleitung
- 32 Heißwasserleitung
- B1 Vorwärmbehälter
- B2 Vorwärmbehälter

#### Patentansprüche

1. Anlage zur Entfeuchtung von pastösen Feststoffen, Schlämmen und Suspensionen sowie feuchte organische Feststoffschüttungen unter Einwirkung von thermischer Energie und Druck in einer Filterpresse, **gekennzeichnet durch** eine Anlage bestehend aus einer Filterpresse (1) mit gasdichtem Druckraum (12) in dem ein oder zwei hydraulisch auf- und abbewegbare Preßstempel (5) den Preßdruck, das Schließen und das Öffnen des Druckraumes (12) bewirken, einem Eingang mit Sattedampfeinlaßventil (16) zur Erwärmung des Einsatzmaterials (6) im Druckraum (12), einer Dampf- und Abwasserfiltrationseinrichtung im Deckel (4) und/oder Preßstempel (5), wobei Filterplatten (9) mit Öffnungen (10) am Deckel (4) und/oder Preßstempel (5) in Richtung Druckraum (12) mit rückwärtigen Sammel- und Auslaßkammer (20) angeordnet sind, einem im Deckel (4) und/oder in der Bodenplatte (28) angebrachten Einlaß mit Flutungsventil (14) zum Beschicken des Einsatzmaterials (6), einem Auslaß mit Entspannungsverdampfungsventil (15) im Deckel (4) des Druckraumes (12) und einem als Gegendruckventil ausgeführtes Restwasserauslaßventil (17) im Deckel (4) und/oder Preßstempel (5) zum Ablassen des heißen Restwassers beim Preßvorgang.
2. Anlage zur Entfeuchtung von pastösen Feststoffen, Schlämmen und Suspensionen sowie feuchte organische Feststoffansammlungen unter Einwirkung von thermischer Energie und Druck in einer Filterpresse insbesondere nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Anlage bestehend aus einer Filterpresse (1) mit gasdichtem Druckraum (12) in dem ein oder zwei hydraulisch auf- und abbewegbare Preßstempel (5) den Preßdruck und das Öffnen des Druckraumes (12) bewirken, einem Eingang mit Sattedampfeinlaßventil (16) zur Erwärmung des Einsatzmaterials (6) im Druckraum (12), einer Dampf- und Abwasserfiltrationseinrichtung im Deckel (4) und/oder Preßstempel (5), wobei Filterplatten (9) mit Öffnungen (10) am Deckel (4) und/oder

wärtiger Sammel- und Auslaßkammer (20) angeordnet sind, einem Auslaß mit Entspannungsverdampfungsventil (15) im Deckel (4) des Druckraumes (12) und einem als Gegendruckventil ausgeführtes Restwasserauslaßventil (17) im Deckel (4) und/oder Preßstempel (5) zum Ablassen des heißen Restwassers beim Preßvorgang, aus mit Ein- und Auslaßventilen (7 und 8) zu öffnende bzw. schließende zwei Vorwärmbehältern (B1 und B2) vorgesehen sind, die zur wechselweisen Beschickung und Entnahme des Einsatzmaterials (6), zur Vorwärmung und/oder Verflüssigung des Einsatzmaterials (6) sowie Weiterleitung in den Druckraum (12) der Filterpresse (1), einer Anordnung von Sattedampfventilen (13) zum Auspressen und/oder Vorwärmen des Einsatzmaterials (6) aus den bzw. in den Vorwärmbehältern (B1 und B2), Rührwerkeinrichtungen zum Mischen und Verflüssigen sind als Zusatzeinrichtungen im den Vorwärmbehältern (B1 und B2) untergebracht oder als externe Einrichtungen vorgesehen und die Vorwärmbehälter (B1 und B2) sind mit Wärmetauscher (24) ausgestattet durch die das heiße Restwasser aus dem vorgehenden Preßzyklus über Einlaßventile (19) oder das heiße Restwasser über Restwassereinlaßventile (18) direkt in die Vorwärmbehälter (B1 und B2) und damit in das Einsatzmaterial (6) zur Vorwärmung und Verflüssigung leitbar ist.

3. Filterpresse für die Anlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Öffnen des Druckraumes (12) und Austragen des Trockenkuchens (26) die Zylinderwand (2) mittels einer Hydraulikeinrichtung (11) auf- und abbewegbar ausgebildet ist.

4. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur mechanischen Auspressung des Restwassers aus dem Einsatzmaterial (6) die Filterpresse (1) mit einem Druck von 60 bis 100 bar ausgelegt ist.

5. Filterpresse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbringung des vorgewärmten Einsatzmaterials (6) aus dem Vorwärmbehälter (B1 und B2) und die Zuführung in den Druckraum (12) der Filterpresse (1) mittels Pumpe erfolgt.

6. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Freistellung des Preßstempels (5) aus dem Druckraum (12) oder nach der Freistellung des Druckraumes (12) durch Abwärtsfahrt der Zylinderwand (2) zum Entfernen des Trockenkuchens (26) eine Ausstoßvorrichtung (22) vorgesehen ist.

7. Filterpresse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterpresse (1) als Oberkolben- oder als Unterkolbenpresse ausgeführt ist.

8. Filterpresse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in Richtung Druckraum (12) die Filterplatten (9) mit einem Metalldrahtgewebe (27) als Filter abgedeckt sind.

9. Filterpresse insbesondere nach dem Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß am Umfang des zylindrischen Preßstempels (5) bzw. des Deckels (4) und/oder der oberen Filterplatte (9) mehrere je nach Belastung im Druckraum (12) hydraulisch vorgespannte Stopfbüchsenpackungen (3) angeordnet sind.

10. Filterpresse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß im Zuge des Preßvorganges das Einsatzmaterial (6) in den Druckraum (12) der Filterpresse (1) durch das Flutungsventil (14) eingebracht wird.

sind.

11. Filterpresse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschenweite des Metalldrahtgewebes (27) kleiner aufgeführt ist als die im Einsatzmaterial (6) vorhandenen Feststoffpartikel. 5

12. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß durch ein Absperrventil am Auslauf der Wärmetauscher (24) in den Vorwärmbehältern (B1 und B2) der Strömungsdruck in den Wärmetauschern (24) dem Preßdruck im Druckraum (12) der Filterpresse (1) angepaßt ist. 10

13. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Beginn des Einflutens des Einsatzmaterials (6) in den Druckraum (12) dann erfolgt, wenn dessen Volumen 0 durch das Anliegen des Preßstempels (5) gegen die obere Filterplatte (9) ist. 15

14. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Reinigung der Metalldrahtgewebe (27) durch Strömungsdruck von durchgeleitetem Satttdampf erfolgt. 20

15. Filterpresse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Filterplatten (9) und dem Metalldrahtgewebe (27) Filtertücher aus hochtemperaturbeständigem Kunststoff angebracht sind. 25

---

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

---

30

35

40

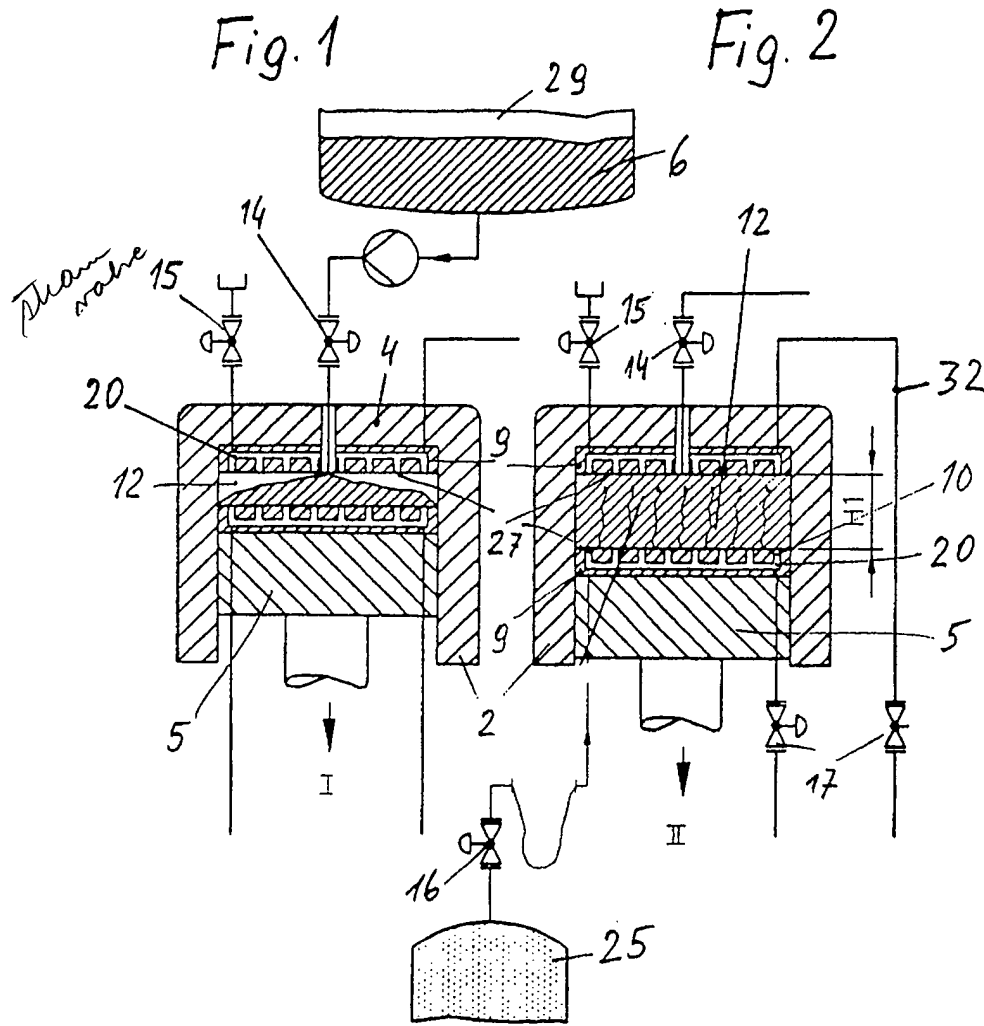
45

50

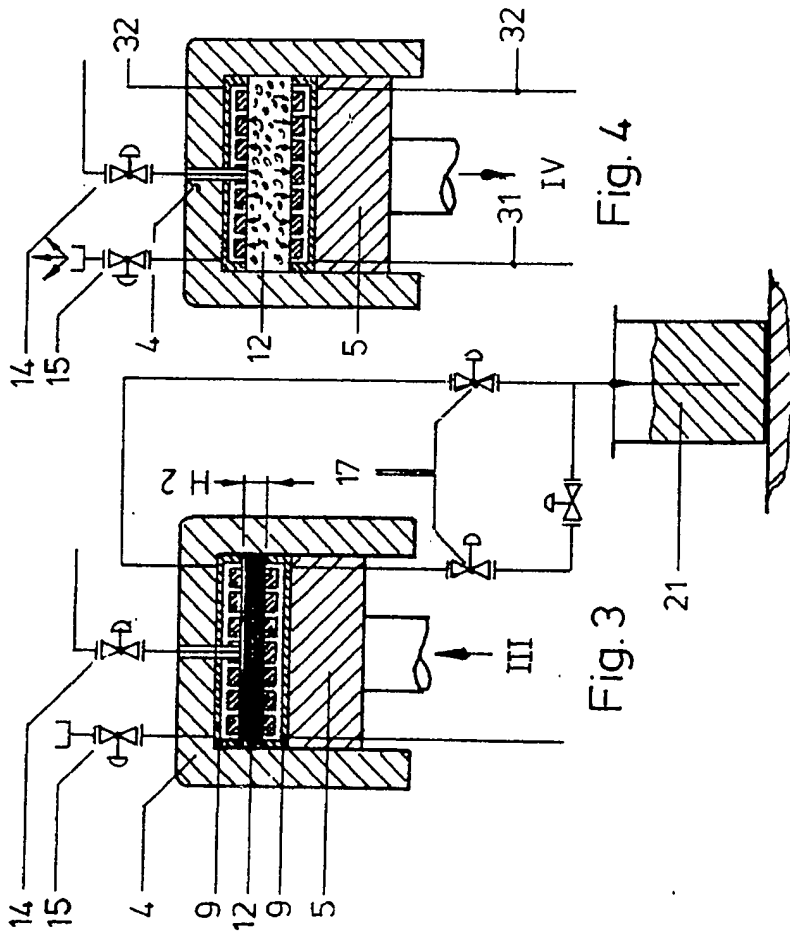
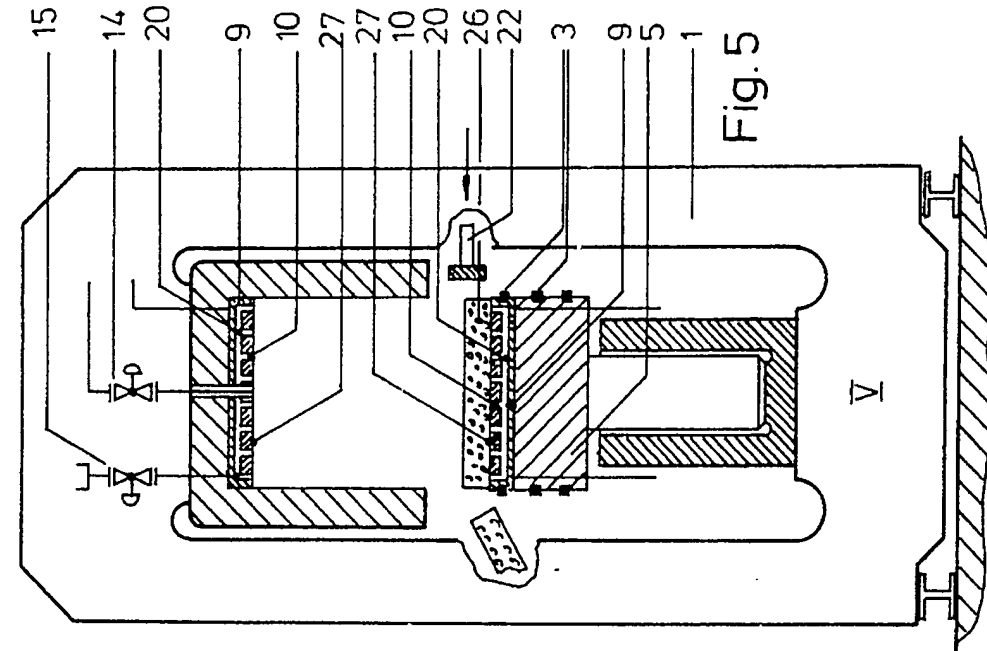
55

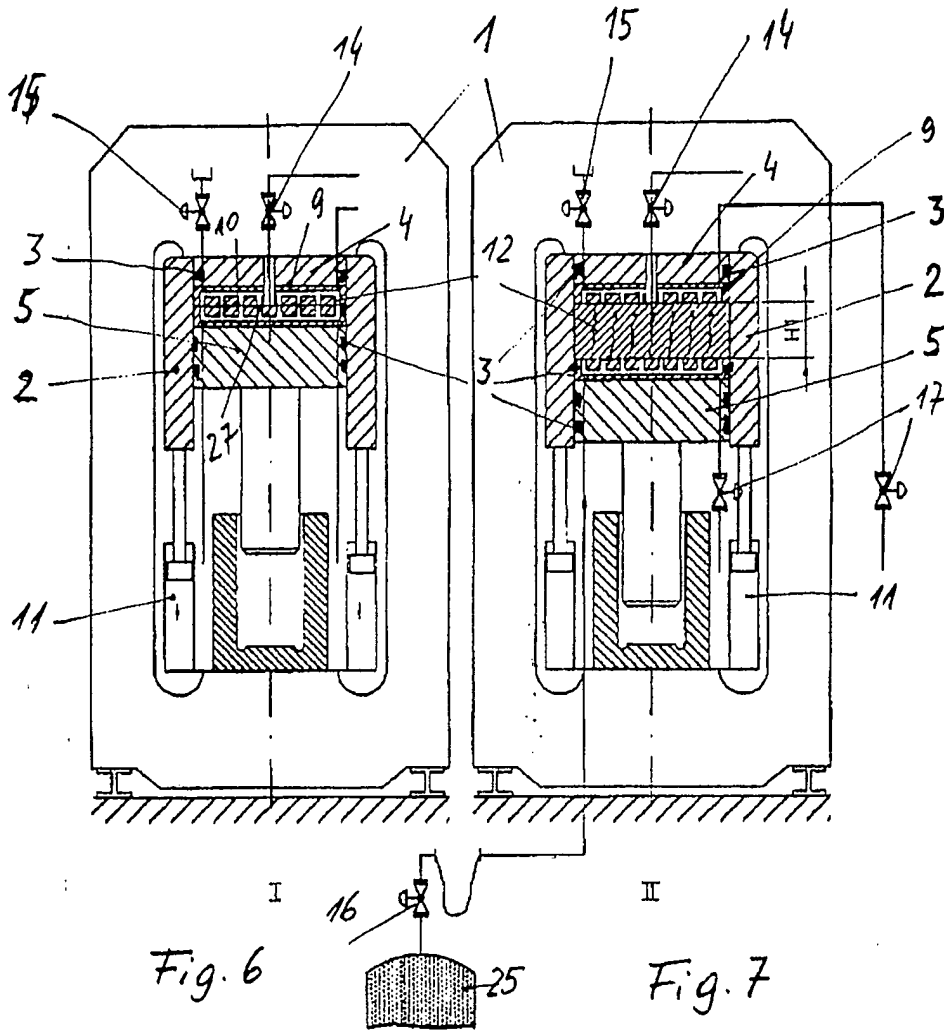
60

65









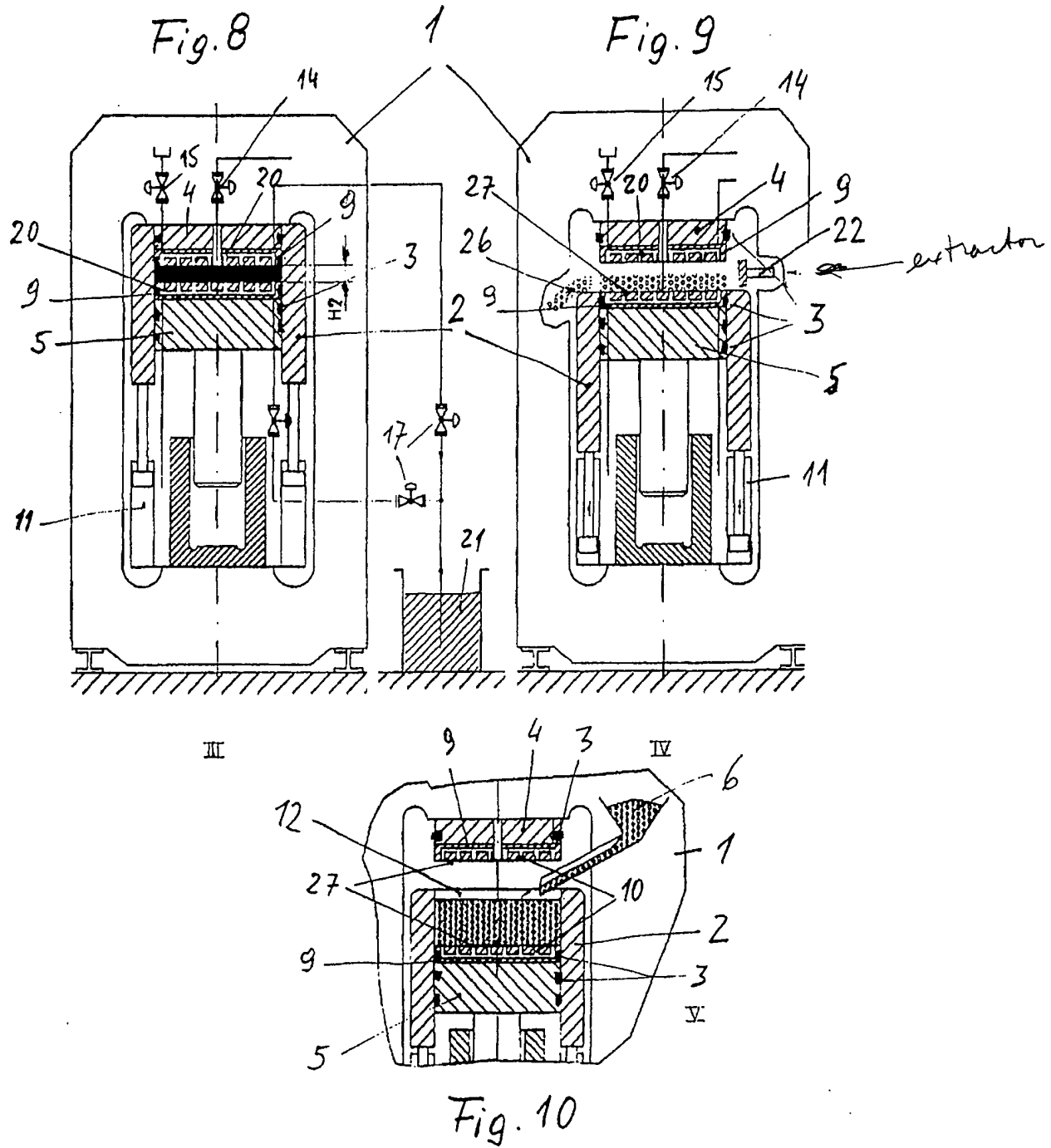
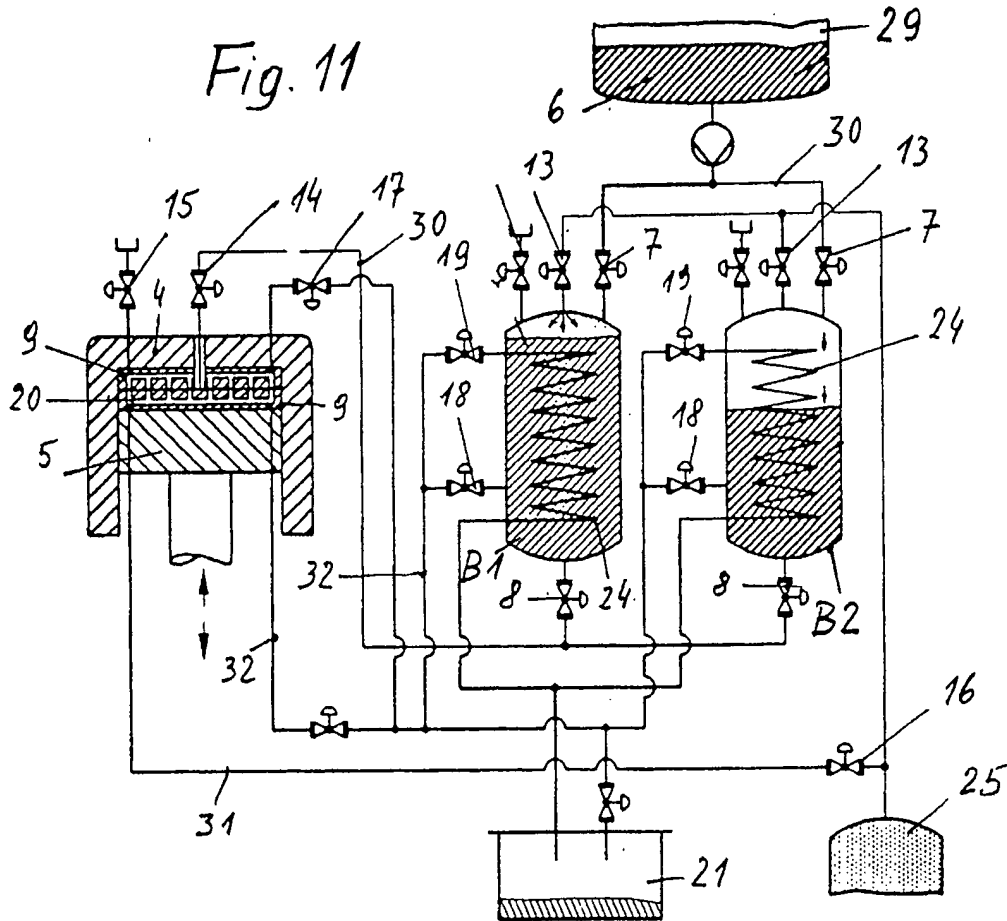
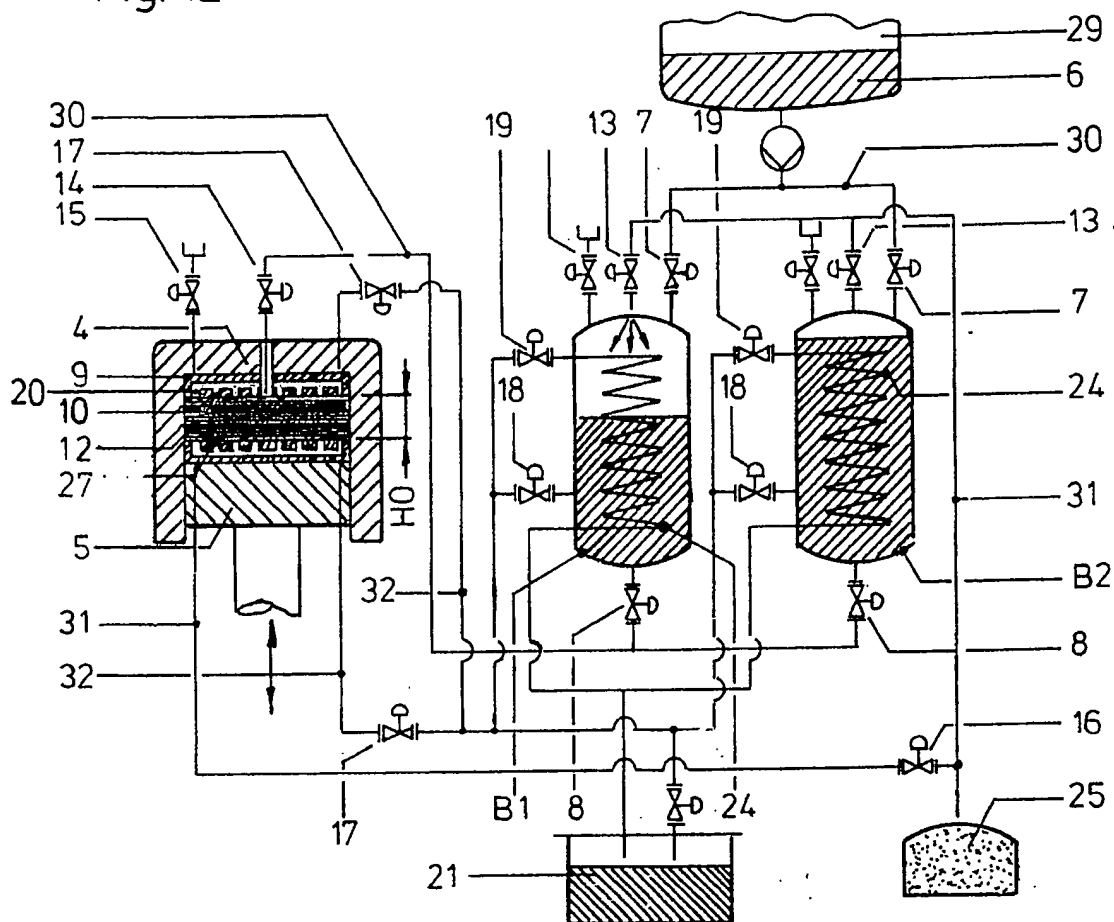


Fig. 11



I

Fig. 12



II

Fig. 13

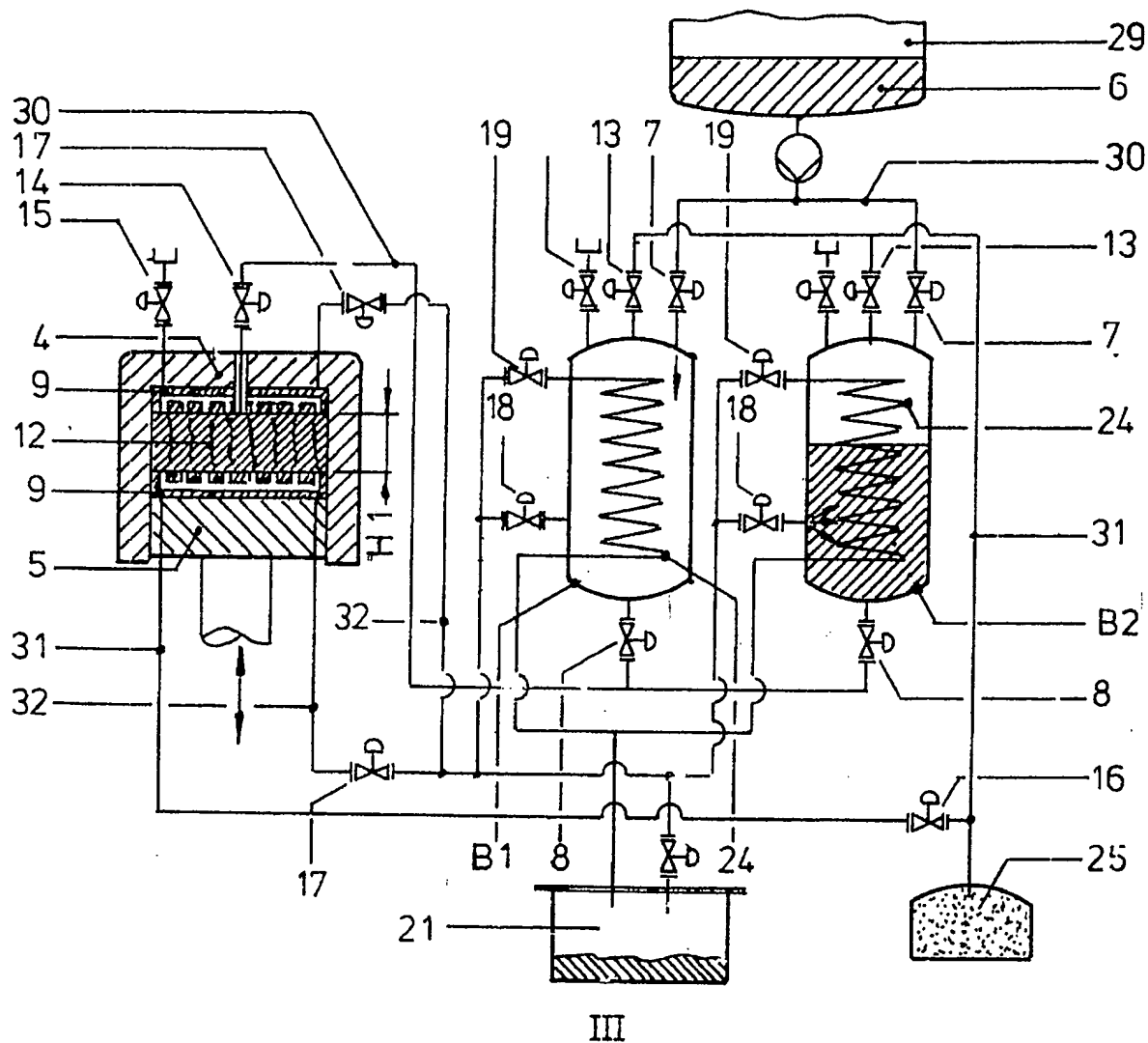


Fig. 14

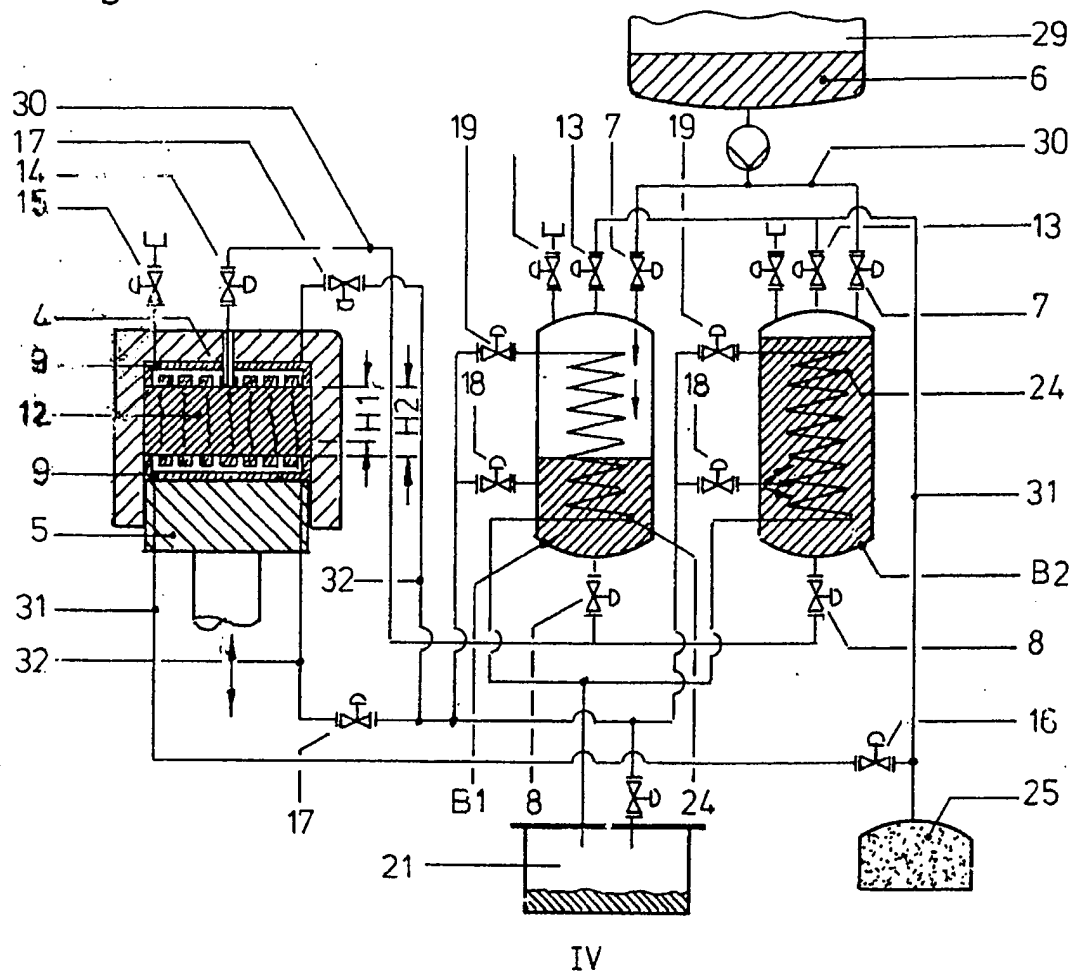


Fig. 15

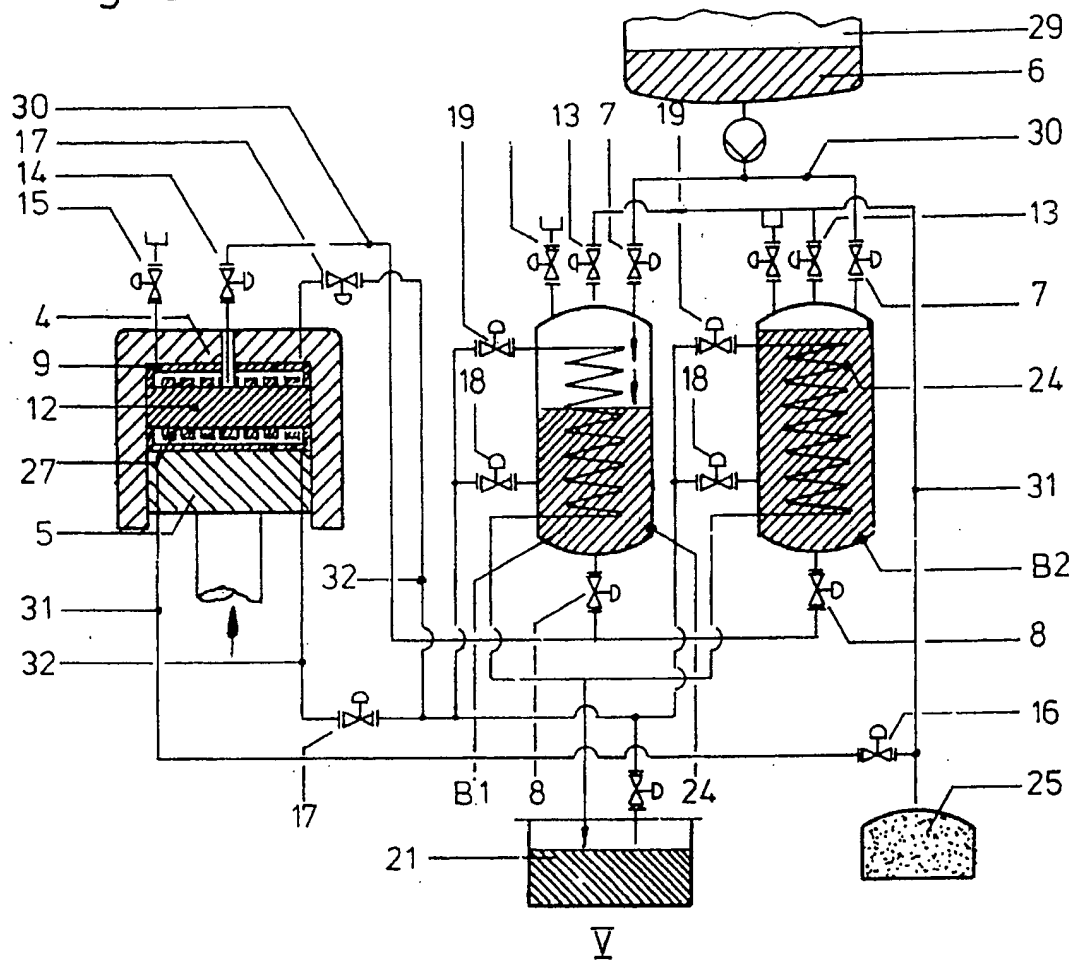
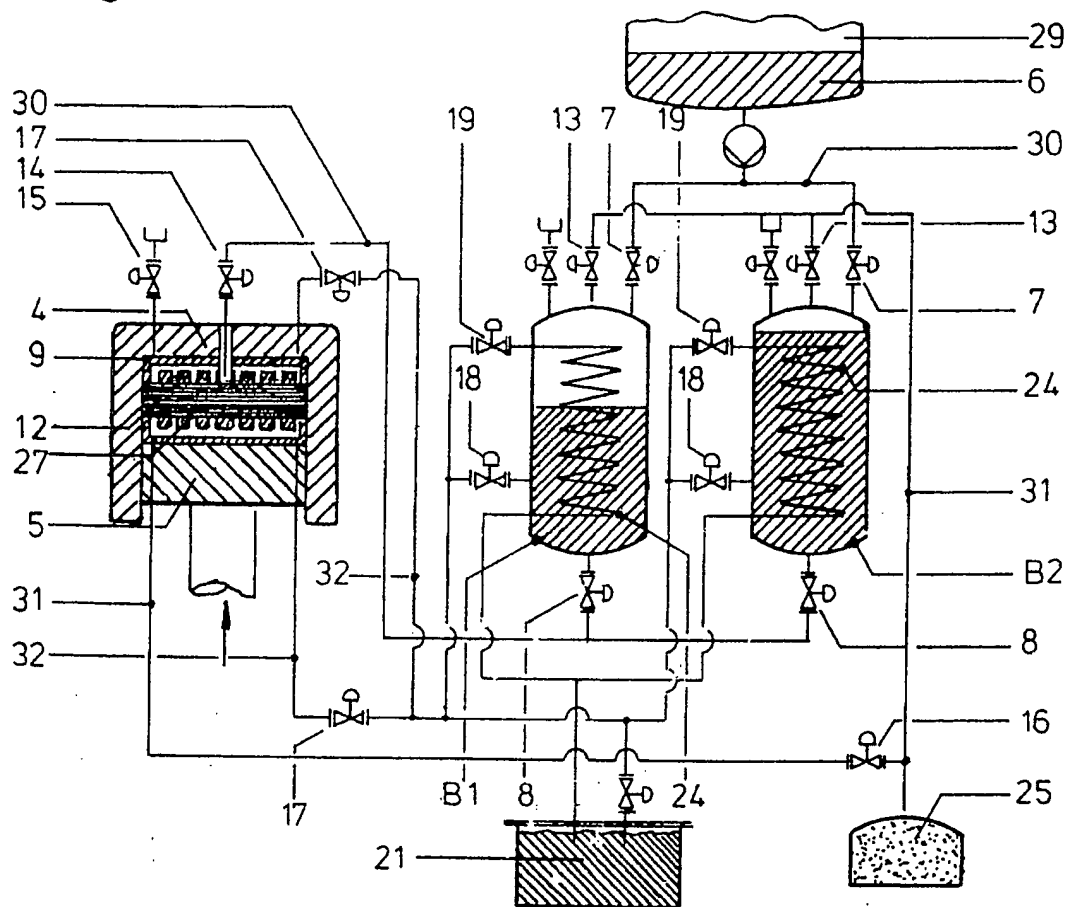


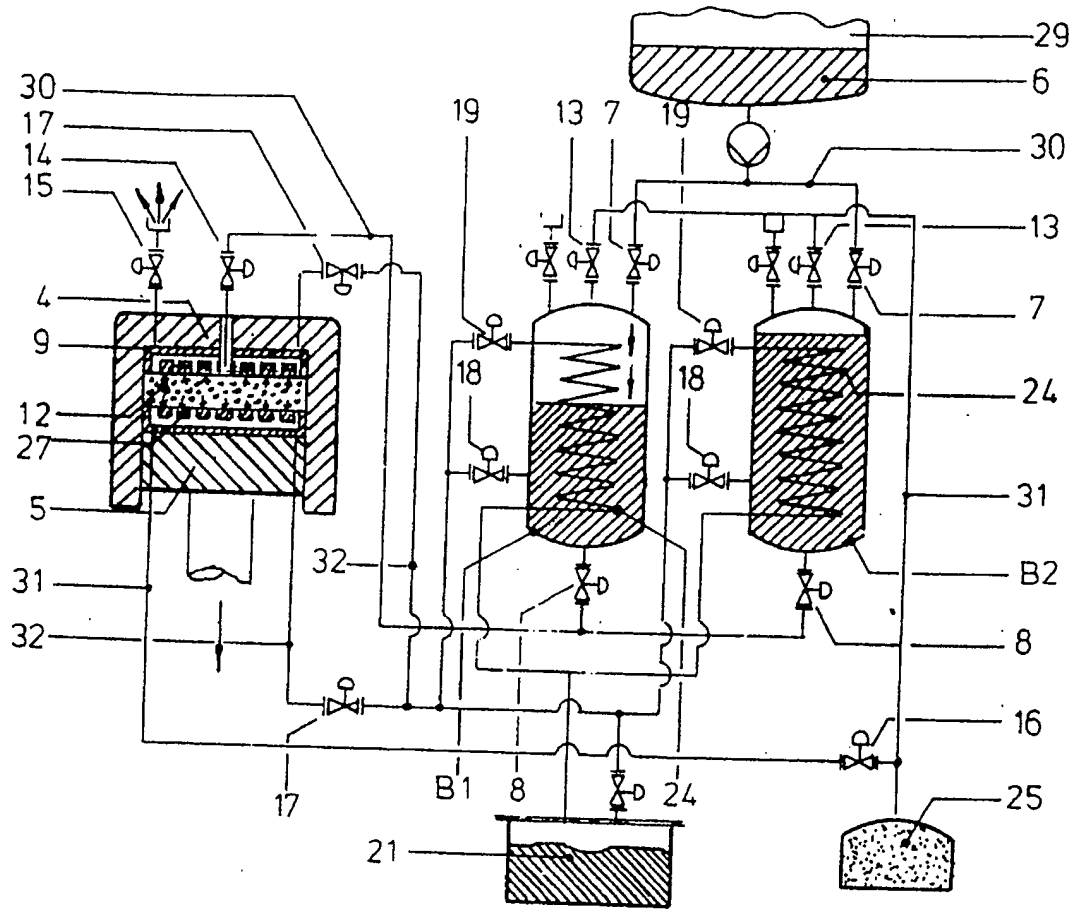


Fig. 16



VI

Fig. 17



VII

Fig. 18

